

LA RÉGÉNÉRATION ET L'EMBRYOGENÈSE SOMATIQUE DE CERTAINS TURBELLARIÉS.

par

V.V. Isaeva

Laboratoire d'Embryologie (Prof. B.P. Tokine), Université de Léningrad.

Résumé

L'auteur étudie l'aptitude à la régénération et à l'embryogenèse somatique (développement d'un organisme complet à partir d'une partie isolée du corps) chez des Turbellariés : *Convoluta convoluta*, *Mecynostomum* sp., *Haploposthia opisthorhis* (Acoeliens) et chez des Planaires : *Dugesia tigrina* et *Dendrocoelum lacteum*. Parmi ces dernières, seule *Dugesia tigrina* se multiplie par reproduction asexuée. Le lien entre le pouvoir de régénération et la présence ou l'absence de reproduction asexuée est mis en évidence. La régénération *sensu stricto* est spécialement le propre des espèces qui se multiplient seulement par reproduction sexuée, tandis que chez *Dugesia tigrina*, on peut facilement provoquer l'embryogenèse somatique.

L'apparition, chez *Dugesia tigrina*, sous l'action du benzopyrène et d'autres produits traumatisants, de têtes, de queues, de protubérances (« tumeurs »), de pharynx additionnels, d'un renversement de la polarité normale, doit être considérée comme relevant de l'embryogenèse somatique. Les produits traumatisants utilisés par nous, exercent, semble-t-il, une influence non spécifique en général, en troubant l'intégrité normale de l'organisme.

En rapport avec l'ontogenèse, on observe une diminution de l'aptitude à la régénération proprement dite (elle est plus rapide chez les jeunes Vers que chez les plus âgés). Par contre, on observe chez *Dugesia tigrina*, que la formation d'un individu complet à partir d'un petit fragment isolé du corps est plus rapide chez les Vers âgés que chez les jeunes.

Les données obtenues confirment la théorie d'un lien entre les phénomènes de régénération et d'embryogenèse somatique, en fonction du niveau d'intégrité d'un organisme et de la présence ou de l'absence, chez celui-ci, d'une reproduction asexuée.

Nos recherches ont porté sur des Acoeliens et des Planaires d'eau douce (Triclades). La régénération des Acoeliens est encore peu étudiée, bien que ce groupe tienne une place importante dans les théories phylogénétiques émises par certains auteurs. Ainsi, Steinböck (1955, 1963) considère que la haute aptitude à la régénération de l'Acoelien *Amphicolops* sp. étudié par lui est une des preuves de l'organisation primitive de ce groupe. Quant aux Planaires, ce sont les Invertébrés dont l'aptitude à la régénération a été le plus étudiée : à partir du XIX^e siècle, beaucoup de recherches ont été faites dans ce domaine. Cependant, sous le terme « régénération », on réunit d'habitude de nombreux phénomènes hétérogènes, tels la formation d'une nouvelle tête de Planaire après décapitation et le développement (après une intervention chirurgicale) de Planaires monstres à plusieurs têtes. C'est pourquoi beaucoup d'auteurs emploient, à côté du terme « régénération », les expressions de « morphallaxis », « hétéromorphose », « redifférenciation », etc.

B.P. Tokine (1959) a proposé de distinguer la régénération proprement dite et l'embryogenèse somatique. Selon cet auteur, nous appelons « régénération » la reformation des membres perdus et la cicatrisation des blessures. Le terme « embryogenèse somatique » est réservé au développement d'un individu complet à partir de fragments isolés du corps. La régénération proprement dite suppose l'intégrité de l'organisme, la corrélation normale des tissus et des organes. L'embryogenèse somatique, au contraire, est caractérisée par la destruction de cette intégrité primaire et par la réorganisation et le développement des systèmes cellulaires d'un fragment isolé en un individu complet. D'après ces conceptions, on peut s'attendre à voir diminuer, avec le vieillissement, le pouvoir de régénération au cours du processus d'ontogenèse des animaux et s'éteindre les fonctions réglant les mécanismes d'intégrité. Ces thèses sont devenues la base théorique de nos expériences et de nos observations, faites à l'Institut biologique de l'Academie des Sciences de l'U.R.S.S. à Mourmansk.

Matériel et méthodes.

Les espèces d'Acoèles utilisées ont été : *Convoluta convoluta* Abildgaard, *Mecynostomum* sp. et *Haploposthia opisthorhis* Mamkaev. On les trouve sur le littoral de la mer de Barentz. Les représentants de ces espèces ne se reproduisent que sexuellement.

Comme Triclade, nous avons pris la Planaire de l'Amérique du Nord, *Dugesia tigrina* Girard, espèce qui ne se multiplie que par reproduction asexuée. Certaines expériences ont porté sur les *Dendrocoelum lacteum*, Triclade d'eau douce incapable de se multiplier asexuellement.

Les Acoèles ont été recueillis dans la zone des marées de la mer de Barentz. Puis, ils ont été placés dans de petits vases refroidis par immersion dans l'eau de mer courante et qui était changée chaque jour.

La race asexuée de *Dugesia tigrina* a été cultivée dans les conditions du laboratoire. Les Planaires étaient placées dans des boîtes de Petri contenant l'eau du robinet déchlorée et nourries de larves de Chironomes et de *Tubifex*.

De même, les Planaires *Dendrocoelum lacteum*, ramassées dans les bassins de la région de Léningrad, furent conservées au laboratoire. Les animaux étaient opérés au scalpel, sous la loupe binoculaire. Les calculs statistiques, pour les données chiffrées, ont été faits par les méthodes classiques.

RÉSULTATS.

I. — Possibilités de régénération et d'embryogenèse somatique chez les Acoeliens examinés.

Plusieurs types d'opérations ont été effectués sur *Convoluta convoluta*, avec des lots d'une centaine de Vers à chaque fois. Il s'est trouvé que, chez cette espèce, la régénération proprement dite s'observe facilement, les blessures, même considérables, se cicatrisant en un

ou deux jours. En période de reproduction, dix à quinze jours après amputation de la moitié postérieure du corps, se produit la régénération de l'appareil copulateur. Au cours du processus, apparaît souvent une multiplication des parties de cet appareil, par exemple le développement de deux à six bourses copulatrices au lieu d'une seule. Pendant la régénération de la tête de la *Convoluta*, le statocyste ne se reforme pas, bien que le cerveau et les yeux régénèrent. D'autres que nous ont également mentionné ce défaut de régénération du statocyste chez les Acoeliens (Peebles, 1913 ; Hanson, 1960).

Nous avons réussi, chez les divers individus de *Convoluta convoluta*, l'homotransplantation, c'est-à-dire la fusion de moitiés transversales et longitudinales du corps. La tête amputée régénère dans 100 p. 100 des cas à condition qu'on ait sectionné juste derrière la tête. Les fragments postérieurs, après coupure transversale en deux, ne régénèrent pas tous un individu complet. Après isolement du tiers postérieur, on n'a constaté une telle régénération que dans 1 p. 100 des cas. Par contre, la partie postérieure se reforme après section de l'animal à n'importe quel niveau du corps. Le développement d'un individu complet à partir d'un petit fragment se fait rapidement s'il s'agit de la tête ou d'un fragment de tête. Des fragments d'autres régions du corps ne donnent pas un Ver complet : il ne se produit, dans ce cas, qu'une cicatrisation de la blessure.

Une série d'opérations ont été également effectuées sur *Mecynostomum* sp. et *Haploposthia opisthorhis*. Ces Vers ont été partagés en deux ou trois ; chacune des opérations a été faite sur 75 à 100 animaux. Les résultats sont analogues à ceux obtenus avec *Convoluta convoluta* : un individu complet ne se forme, en général, qu'à partir des régions antérieures du corps ; la fréquence de la régénération totale à partir de la région postérieure est très faible.

Ainsi, dans les espèces étudiées d'Acoeliens ne présentant pas de reproduction asexuée, on ne rencontre pas l'embryogenèse somatique, définie comme la formation d'un organisme complet à partir d'un fragment du corps, ce qui les distingue d'*Amphiscolops* étudié par Steinböck. Steinböck (1955, 1963) basa ses conceptions phylogénétiques sur le haut pouvoir de régénération d'*Amphiscolops* sp., considérant la totipotentialité du syncytium de cette espèce comme un caractère très primitif. Il considère les Acoeliens comme une étape intermédiaire d'évolution entre les Protozoaires et les Métazoaires.

Marcus et Macnae (1954) ont découvert, chez une *Convoluta* de l'Afrique du Sud, un haut pouvoir de régénération, en même temps que la présence d'une reproduction asexuée. D'autre part, l'étude de la régénération chez *Polychoerus caudatus* (Stevens et Boring, 1905 ; Child, 1907 ; Keil, 1929) et *Aphanostoma diversicolor* (Peebles, 1913) a donné des résultats analogues à ceux que nous avons obtenus avec les Acoeliens de la mer de Barentz. L'aptitude à la régénération et à l'embryogenèse somatique des différentes espèces d'Acoeliens est probablement variable, comme on le constate chez les Triclades. En tous cas, la haute aptitude à l'embryogenèse somatique de certains Acoeliens ne se retrouve pas dans la plupart des représentants du groupe. L'étude du pouvoir de régénération de l'ensemble des Acoeliens ne permet donc pas de tirer des conclusions aussi poussées que celles de Steinböck.

II. — Phénomènes d'embryogenèse somatique expérimentale.

Si l'on admet les idées de B.P. Tokine (1959) sur les liens entre la régénération proprement dite et l'embryogenèse expérimentale d'une part, le degré d'intégrité du corps d'autre part, on peut prévoir que toute influence troublant ou affaiblissant l'unité normale d'un organisme pourra augmenter la possibilité d'embryogenèse somatique.

De petits fragments de *Convoluta convoluta* ont été traités par des doses sublétale de benzopyrène, d'orthotolidine — substances cancérogènes pour les tissus des animaux supérieurs — et par le versène. La centrifugation a été également utilisée. Chaque série d'expériences a porté sur une centaine de Vers. On n'a pas réussi à stimuler de la même façon, l'embryogenèse somatique.

Des traitements analogues appliqués à *Dugesia tigrina* ont provoqué ce que nous définissons comme une embryogenèse somatique. Une solution aqueuse de benzopyrène sur des Planaires entières ou sur des fragments, provoque des malformations variées : têtes additionnelles (de 2 à 5 pour chaque animal) distinctes ou plus ou moins soudées ; protubérances additionnelles du corps (sortes de « queues ») ; saillies cylindriques ou coniques du côté dorsal ou ventral, parfois même pourvues d'yeux et de cerveau qui en font des têtes atypiques ; changement de la polarité normale (formes bipolaires) ; pharynx orientés de divers côtés (Planche 1, 1 à 6).

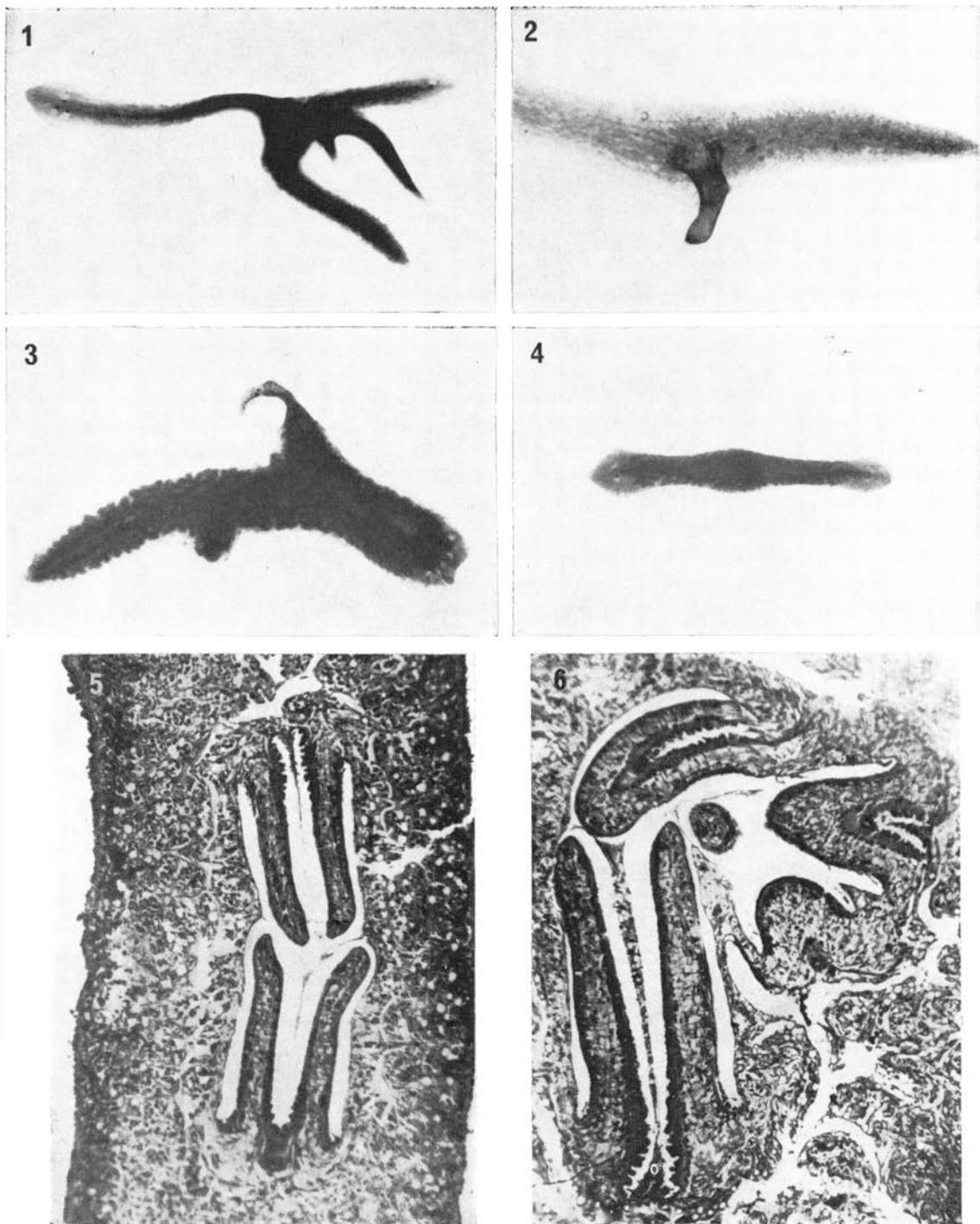
On peut considérer toutes ces anomalies comme le résultat d'une embryogenèse somatique, se manifestant par des formes anormales. C'est le développement d'un organisme complet à partir de fragments isolés du corps, soumis à l'influence d'une substance cancérogène.

Seilern-Aspang (1960), par application de substances cancérogènes, a obtenu, chez les Planaires, des protubérances qu'il considère comme des tumeurs (« tératomes régénérants ») ou des tumeurs malignes à croissance infiltrante. Foster (1963) a décrit de telles tumeurs chez des *Dugesia tigrina*, traitées au benzopyrène.

Des opérations analogues ont été faites avec du versène et du chlorure de sodium. De plus, dans une autre série d'expériences, les Vers étaient privés d'eau, légèrement desséchés, puis remis dans l'eau. Ces opérations ont montré d'une part, que le versène provoque les mêmes types de malformations que le benzopyrène (Planche 1, 1 à 6), que, d'autre part, après dessèchement, les malformations indiquées apparaissent aussi, mais beaucoup plus rarement. A la suite de ce dessèchement, les Planaires présentaient des protubérances dorsales, l'épithélium étant détruit le premier. Sous l'influence du chlorure de sodium, apparaissent des têtes, des queues, des protubérances latérales additionnelles.

La fréquence d'apparition de tératomes est la suivante :

Facteurs utilisés	Nombre d'animaux en expérience	Pourcentage de malformations
Benzopyrène	250	25,60
Versène	200	23,50
Chlorure de sodium	200	12,00
Dessèchement	100	10,00



V.V. ISAEVA

PLANCHE 1

Types de malformations obtenues sous l'influence du benzopyrène et d'autres facteurs traumatisants chez *Dugesia tigrina*.

1 : Planaire à deux têtes avec deux protrusions en forme de queue ; 2 : protrusion dorsale dans la moitié postérieure du corps ; 3 : protrusion dorsale avec des yeux (tête atypique), saillie latérale droite, quatre yeux dans la tête primaire ; 4 : forme bipolaire, deux têtes orientées en sens opposé ; 5 : deux pharynx orientés en sens opposé sur une coupe de Planaire bipolaire (objectif 10 x) ; 6 : quatre pharynx orientés de côtés différents (objectif 10 x).

Dans tous les cas, les Vers ont été traités de quatre à huit fois, à un intervalle d'une semaine pendant un ou deux mois.

Des saillies dorsales apparaissant spontanément dans des cultures ont été décrites par Stephan (1962), Tar et Förök (1964) ; ces auteurs les considèrent comme des tumeurs. Nous avons également observé de telles saillies protruses dorsales chez la *Dugesia tigrina* cultivée en conditions normales, mais nous sommes portés à croire qu'elles sont dues à des traumatismes accidentels. Goldsmith (1940), par des brûlures ou des interventions chirurgicales, a obtenu de semblables phénomènes. La constance d'aspect des protubérances dorsales obtenues à la suite des interventions traumatisantes les plus diverses, met en doute leur caractère de tumeur. Les traitements traumatisants ci-dessus, différents par leurs caractères, ont un effet morphogénétique semblable, en agissant probablement comme des agents désintégrants non spécifiques. Ils troublent les relations normales entre les différentes régions de l'organisme et entraînent la différenciation de groupes de cellules somatiques vers le développement d'un organisme entier.

Lange (1966), en décrivant les « tumeurs » spontanées des Planaires, nie qu'elles soient le résultat d'une croissance néoplasmique. Les observations de Stephan (1962) sur la différenciation des tumeurs en têtes ou en queues, ainsi que celles de Seiler-Aspang (1960) sur la formation, à l'endroit des « tumeurs malignes », de pharynx ou de queues additionnels, montrent que ces phénomènes s'apparentent plutôt à l'embryogenèse somatique qu'à la croissance de tumeurs proprement dites, de type semblable à celles des animaux supérieurs.

Ainsi, chez la *Dugesia tigrina* à reproduction asexuée, des influences désintégrantes diverses font apparaître des phénomènes semblables à l'embryogenèse somatique qu'on n'observe pas chez *Convoluta*. Il existe un lien évident entre le pouvoir d'embryogenèse somatique et la présence de reproduction asexuée.

III. — Changement d'aptitude à la régénération et à l'embryogenèse somatique au cours de l'ontogenèse, chez *Convoluta convoluta* et chez les Planaires *Dugesia tigrina* et *Dendrocoelum lacteum*.

L'étude sur le changement du pouvoir de régénération des Turbellariés au cours de l'ontogenèse donne des résultats assez contradictoires. Tsvetkova (1964) a montré que la régénération proprement dite est plus rapide chez les Planaires jeunes que chez les Planaires âgées. D'après Abeloos (1930), Charov (1934), Curtis et Schulze (1934), la vitesse du processus de régénération et le pourcentage de Vers régénérés à partir de fragments atteignant une moitié à un tiers du corps sont plus élevés chez les animaux les plus jeunes. Sivickis (1960), après avoir sectionné en 7 des Planaires de l'espèce *Dugesia lugubris*, a mis en évidence que les fragments provenant de jeunes Vers refont plus vite un organisme complet que les mêmes provenant de Planaires âgées. Par contre, d'après les expériences de Child (1920), le développement des fragments se fait mieux chez les animaux plus vieux.

Cette différence du pouvoir de régénération chez *Dugesia tigrina* et *Convoluta convoluta* a empêché de faire sur eux des opérations tout à fait analogues (schéma des opérations, Fig. 1 et 2). Pour cette raison et aussi à cause des différences morphologiques existant entre ces espèces, des critères différents ont dû être utilisés pour l'estimation de la vitesse de morphogenèse : pour *Convoluta*, le pourcentage d'indi-

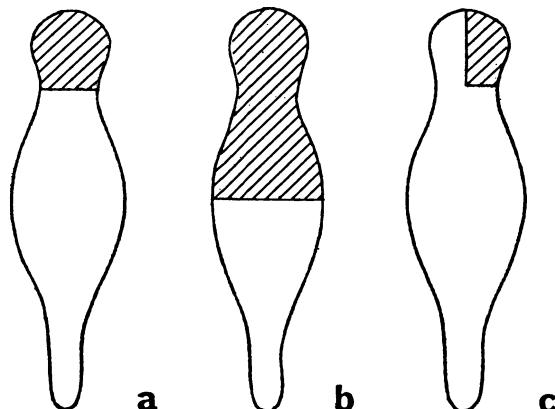


FIG. 1
Schémas des opérations pratiquées sur *Convoluta convoluta*.

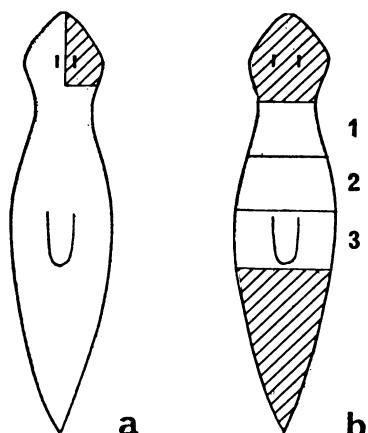
a : décapitation ; b : coupe transversale par moitié ; c : excision de la moitié marginale de la tête.

vidus en régénération ; pour *Dugesia* et *Dendrocoelum*, le pourcentage d'individus aux yeux développés à un certain stade de la régénération.

Nous avons employé la longueur du Ver comme indice de l'âge, comme l'ont fait la plupart des auteurs qui ont comparé le pouvoir de régénération des Vers jeunes et âgés (Child, 1920 ; Abeloos, 1930 ; Curtis et Schulze, 1934 ; Sivickis, 1960).

FIG. 2
Schémas des opérations pratiquées sur des Planaires.

a : excision de la moitié marginale de la tête ; b : excision de fragments transversaux du corps à partir : 1) d'une moitié antérieure de la région antéro-pharyngienne ; 2) d'une moitié postérieure de la région antéro-pharyngienne ; 3) de la région pharyngienne.



Child et Abeloos donnent une série de preuves, montrant que l'âge physiologique des Planaires est en rapport avec leur longueur : si elles rapiétissent par manque de nourriture ou régénèrent, elles subissent un rajeunissement.

Chez *Convoluta convoluta*, nous avons comparé le pouvoir de régénération des Vers adultes (longueur de 4 à 4,5 mm) et des jeunes

(longueur de 2,5 à 2,8 mm) qui, depuis peu, un mois à un mois et demi, étaient sortis des cocons. Chez *Dugesia tigrina*, les possibilités de régénération et d'embryogenèse somatique ont été comparées dans les formes adultes (de 16 à 18 mm de long) et dans les petites formes (de 5 à 7 mm) provenant de fragments postérieurs du corps — les « queues » — au cours de la reproduction asexuelle.

Les *Dendrocoelum lacteum* opérés provenaient d'individus de grande taille (18 à 22 mm) et de petite taille (8 à 11 mm), ramassés en automne, dans les étangs, après la fin de la période de reproduction.

La comparaison des exemplaires de *Convoluta* a montré que le pouvoir de régénération est beaucoup plus élevé chez les jeunes que chez les vieux. Ainsi, en comparant les délais de régénération de la tête après amputation (Fig. 1, a), on trouve chez les plus jeunes, un pourcentage de réussite plus grand et une vitesse de régénération plus élevée (Tableaux 1 et 2). La régénération des jeunes s'achève en 10 à 12 jours tandis que celle des vieux dure jusqu'à trois semaines. La diminution du nombre de Vers du tableau 1 au tableau 2, de même que du tableau 3 au tableau 4, s'explique par la disparition de quelques individus.

TABLEAU 1
Régénération de la tête chez des *Convoluta convoluta*
d'âges différents, 12 jours après l'opération.

	Jeunes	Agés
Nombre de Vers opérés.	47	50
Nombre de Vers ayant régénéré la tête	43 (pourcentage : $91,5 \pm 4,1$)	10 (pourcentage : $20 \pm 5,6$)
Signification de la différence	$t = 7,1$ $P < 0,001$	

TABLEAU 2
Régénération de la tête chez des *Convoluta convoluta*
d'âges différents, 23 jours après l'opération.

	Jeunes	Agés
Nombre de Vers opérés.	46	50
Nombre de Vers ayant régénéré la tête	43 (pourcentage : $93,5 \pm 3,0$)	29 (pourcentage : $58,0 \pm 7,8$)
Signification de la différence	$t = 4,0$ $P < 0,001$	

Des résultats semblables ont été obtenus par l'étude de la régénération des moitiés postérieures du corps (Fig. 1, b) chez des individus jeunes et âgés de *Convoluta* (Tableaux 3 et 4).

TABLEAU 3

Régénération des moitiés postérieures du corps
chez des *Convoluta convoluta* d'âges différents, 25 jours après l'opération.

	Jeunes	Agés
Nombre de Vers opérés.	150	149
Nombre de moitiés postérieures régénérées .	129 (pourcentage : $93,5 \pm 3,0$)	84 (pourcentage : $56,4 \pm 4,1$)
Signification de la différence		$t = 5,6$ $P < 0,001$

TABLEAU 4

Régénération des moitiés postérieures du corps
chez des *Convoluta convoluta* d'âges différents, 35 jours après l'opération.

	Jeunes	Agés
Nombre de Vers opérés.	146	147
Nombre de moitiés postérieures du corps régénérées	125 (pourcentage : $85,5 \pm 2,8$)	92 (pourcentage : $62,6 \pm 4,0$)
Signification de la différence		$t = 4,4$ $P < 0,001$

Les Vers qui n'ont pas régénéré dans les périodes indiquées, ne termineront jamais leur régénération, bien qu'ils puissent rester encore vivants pendant un ou deux mois.

Des variations de temps de développement ont été également observées après isolement des moitiés latérales de la tête (Fig. 1, c) de *Convoluta* jeunes et de *Convoluta* âgées. A 6 ou 7 jours, les moitiés latérales de la tête, excisées du corps d'un jeune, commencent à régénérer la région postérieure ou queue, alors qu'elles n'arrivent à ce stade que 8 à 9 jours après l'opération chez les Vers âgés. Chez *Convoluta convoluta*, la régénération proprement dite de l'organisme à partir d'un petit fragment isolé (la moitié de la tête) est donc plus rapide et plus certaine chez les individus les plus jeunes.

Pour mesurer cette différence de vitesse chez des *Dugesia tigrina* d'âges divers, les Vers ont été photographiés et mesurés le 5^e jour après amputation de la moitié latérale de la tête (Fig. 2, a). La mesure est faite à l'aide d'un oculaire micrométrique sur négatifs de photographies. La largeur du régénérat est calculée par rapport à celle de la partie ancienne pour les deux groupes de Vers d'âge différent. Pour les jeunes et pour les âgés, les moyennes sont respectivement $0,54 \pm 0,01$ ($n = 32$) et $0,44 \pm 0,01$ ($n = 33$). La signification de la différence est très élevée : $t = 5,4$ et $P < 0,001$. En outre, on a comparé, dans le même but, chez des *Dugesia* d'âges différents, le nombre de Vers dont l'œil se reforme dans la moitié de la tête après

l'opération (Fig. 2, a). Les données de cette expérience sont présentées dans le tableau 5.

TABLEAU 5

Régénération de la moitié latérale de la tête
chez des *Dugesia tigrina* d'âges différents, 6 jours après l'opération.

	Jeunes	Agés
Nombre de Vers opérés.	25	25
Nombre de Vers à l'œil régénéré	22 (pourcentage : $33,0 \pm 6,5$)	16 (pourcentage : $64,0 \pm 9,6$)
Signification de la diffé- rence	$t = 2,0$ $0,02 < P < 0,05$	

TABLEAU 6

Développement des fragments excisés
dans la moitié antérieure de la région antéropharyngienne
chez des *Dugesia tigrina* d'âges différents, 8 jours après l'opération.

	Jeunes	Agés
Nombre de fragments excisés	48	49
Nombre de fragments à deux yeux	9 (pourcentage : $18,7 \pm 5,6$)	40 (pourcentage : $81,6 \pm 5,5$)
Signification de la diffé- rence	$t = 6,3$ $P < 0,001$	

TABLEAU 7

Développement des fragments excisés
dans la moitié postérieure de la région antéropharyngienne
chez des *Dugesia tigrina* d'âges différents, 8 jours après l'opération.

	Jeunes	Agés
Nombre de fragments excisés	41	50
Nombre de fragments à deux yeux	2 (pourcentage : $4,9 \pm 3,3$)	25 (pourcentage : $50,0 \pm 7,0$)
Signification de la diffé- rence	$t = 4,7$ $P < 0,001$	

Ces résultats nous montrent que, chez *Dugesia tigrina* comme chez *Convoluta convoluta* et chez les Planaires étudiées par d'autres auteurs (Charov, 1934 ; Curtis et Schulze, 1934 ; Zvetkova, 1964), la régénération proprement dite va plus vite pour les individus jeunes : à mesure que l'organisme vieillit, son pouvoir de régénération s'affaiblit.

Si l'on compare la vitesse de développement d'un organisme complet à partir des fragments transversaux excisés dans des secteurs homologues chez des *Dugesia tigrina* (Fig. 2, b, 1, 2, 3) d'âges différents, on trouve que des fragments de Planaires plus âgées se développent plus vite, le test utilisé étant l'apparition de l'œil dans les fragments (Tableaux 6 à 8).

TABLEAU 8

Développement des fragments excisés dans la région pharyngienne chez des *Dugesia tigrina* d'âges différents, 8 jours après l'opération.

	Jeunes	Agés
Nombre de fragments excisés	50	49
Nombre de fragments à deux yeux	21 (pourcentage : $42,0 \pm 7,0$)	40 (pourcentage : $71,6 \pm 5,5$)
Signification de la différence		$t = 4,1$ $P < 0,001$

Chez la Planaire *Dendrocoelum lacteum* qui, contrairement à *Dugesia tigrina*, ne se reproduit pas asexuellement, les délais de développement de l'animal complet à partir des parties postérieures de la région antéropharyngienne ont été comparés chez les jeunes et les vieux (Tableau 9).

TABLEAU 9

Développement des fragments excisés dans la moitié postérieure de la région antéropharyngienne chez des *Dendrocoelum lacteum* d'âges différents, 7 jours après l'opération.

	Jeunes	Agés
Nombre de fragments excisés	68	68
Nombre de fragments à deux yeux	48 (pourcentage : $70,6 \pm 5,5$)	22 (pourcentage : $32,4 \pm 5,7$)
Signification de la différence		$t = 4,5$ $P < 0,001$

Chez *Dendrocoelum lacteum*, le développement d'un fragment transversal excisé se produit plus vite chez le jeune, ce qui rapproche cette espèce de *Convoluta* qui ne se multiplie aussi que sexuellement. Par contre, elle s'éloigne ainsi de *Dugesia tigrina*, plus proche cependant systématiquement. On pourrait expliquer ce phénomène par la possibilité de reproduction asexuelle dans cette dernière espèce. Les processus de l'embryogenèse somatique, dans le cas d'excision de fragments représentant 1/6^e à 1/8^e du corps, sont les mêmes que ceux qu'on observe dans la reproduction asexuelle naturelle à cette espèce. Ils sont plus rapides chez les Vers âgés qui se reproduisent asexuellement d'une manière plus fréquente, la bipartition s'y produisant plus

souvent. Les tendances opposées du changement de la vitesse de régénération et d'embryogenèse de *Dugesia tigrina*, confirment l'hypothèse d'une différence qualitative entre la régénération proprement dite et le phénomène de développement d'un organisme complet à partir d'une partie du corps.

Les résultats de Child (1920) sur *Planaria dorotocephala*, à reproduction asexuée, sont semblables à ceux que nous avons obtenus avec *Dugesia tigrina*. Par contre, la vitesse de formation d'un individu complet à partir de parties isolées du corps chez des *Dugesia lugubris* d'âges variés (Sivickis, 1960) rappelle celle que nous avons observée chez *Dendrocoelum lacteum*. La reproduction asexuée n'est d'ailleurs pas propre à *Dugesia lugubris*.

La reproduction asexuée est probablement liée à une désintégration locale ou générale de l'organisme. Dans ces conditions, il existe une possibilité de déclenchement de l'embryogenèse somatique, favorisée par les facteurs expérimentaux.

Summary

Regeneration and somatic embryogenesis of some Turbellaria.

The author investigated the capacity for regeneration and somatic embryogenesis (i.e. the development of the whole organism from isolated small part of the body) of the turbellaria: *Convoluta convoluta*, *Mecynostomum* sp., *Haploposthia opisthorhis* (Acoela), *Dugesia tigrina*, *Dendrocoelum lacteum* (Triclada). Among these species only *Dugesia tigrina* reproduces asexually. The relation of regeneration phenomena with the presence or absence of asexual reproduction was found. The regeneration proper is more characteristic for the species which are reproducing sexually only, while in *Dugesia tigrina* it is easy to provoke the somatic embryogenesis.

The appearance in *Dugesia tigrina* of various anomalies (outgrowths - "tumours", additional heads, tails, pharynxes and inversions of normal polarity) after treatment by benzpyren and other injurious influences are considered as phenomena similar to somatic embryogenesis. The injurious factors used have, in general, a nonspecific effect, provoking a disturbance of normal integration of organism.

In the course of ontogenesis, the decrease of capacity for regeneration proper is observed (regeneration of young vermes goes on more rapidly than that of the older ones). At the same time in adult individuals of *Dugesia tigrina*, which have asexual reproduction more often, the author observed the higher rate of the process of somatic embryogenesis as compared to young animals.

The data confirm the idea of relationship between phenomena of regeneration, somatic embryogenesis and the level of integration of organism and the presence or absence of asexual propagation.

Резюме

Регенерация и соматический эмбриогенез у некоторых турбеллярий

Исследована способность к регенерации и соматическому эмбриогенезу (развитию целого организма из изолированной небольшой части тела) турбеллярий: *Convoluta convoluta*, *Haploposthia opisthorhis*, *Mecynostomum* sp. (Acoela) и *Dugesia tigrina*, *Dendrocoelum lacteum* (Triclada). Из них только *Dugesia tigrina* размножается бесполым путем. Найдена связь регенерационных явлений с наличием или отсутствием бесполого размножения: видам, размножающимся только половым путем, более свойственна собственно регенерация, тогда как у *Dugesia tigrina* легко вызвать соматический эмбриогенез.

Возникновение у *Dugesia tigrina* при воздействии бензпирена и других повреждающих факторов выростов («опухолей»), добавочных голов, хвостов, глоток, нарушений нормальной полярности, рассматриваются нами как явле-

ния типа соматического эмбриогенеза. Примененные повреждающие воздействия, по-видимому, влияют в основном неспецифично, вызывая нарушение нормальной интеграции организма.

В ходе онтогенеза наблюдается снижение способности к собственно регенерации (у молодых червей регенерация протекает быстрее, чем у более старых). В тоже время у взрослых особей *Dugesia tigrina*, более интенсивно размножающихся бесполым путем, обнаружена более высокая скорость течения процессов развития целого организма из небольшого фрагмента тела по сравнению с молодыми.

Полученные данные подтверждают представление о связи явлений регенерации и соматического эмбриогенеза с уровнем интеграции организма и наличием или отсутствием у него бесполого размножения.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- ABELOOS, M., 1930. — Recherches expérimentales sur la croissance et la régénération chez les Planaires. *Bull. Biol. France-Belgique*, 64, 1, pp. 1-138.
- CHAROV, I.I., 1934. — Rapports du processus de régénération avec le stade de développement et l'âge chez *Dendrocoelum lacteum*. *Trav. Lab. Zool. exp. Morph. Acad. Sc. U.R.S.S.*, III, pp. 141-163 (en russe).
- CHILD, C.M., 1907. — The localization of different methods of formregulation in *Polychoerus caudatus*. *Arch. Entw. Mech. Organ.*, 23, 2, pp. 227-247.
- CHILD, C.M., 1920. — Head-frequency in *Planaria dorotocephala* in relation to age, nutrition and motor activity. *J. exp. Zool.*, 30, 3, pp. 403-418.
- CURTIS, W.C. et SCHULTZE, L.M., 1934. — The contrasting powers of regeneration in Planaria and Proctotyla. *J. Morph.* 55, 3, pp. 477-513.
- FOSTER, J.A., 1963. — Induction of neoplasms in planarians with carcinogens. *Cancer. Res.*, 23, 2, pp. 303-306.
- GOLDSMITH, E.D., 1940. — Regenerative and accessory growths in planarians. *Physiol. Zool.*, 13, 1, pp. 43-54.
- HANSON, E.D., 1960. — Asexual reproduction in acoelous turbellaria. *Yale J. Biol. Med.*, 33, 2, pp. 107-111.
- KEIL, E., 1929. — Regeneration in *Polychoerus caudatus*. *Biol. Bull.*, 57, 4, pp. 225-244.
- LANGE, C.S., 1966. — Observations on some tumours found in two species of planaria *Dugesia etrusca* and *Dugesia ilvana*. *J. Embryol. exp. Morphol.*, 15, 2, pp. 125-130.
- MARCUS, E. et MACNAE, W., 1954. — Architomy in a species of *Convoluta*. *Nature* (Engl.), 173, 4394, p. 130.
- PEEBLES, R., 1913. — Regeneration acöler Platwürmer. I. *Aphanostoma diversicolor*. *Bull. Inst. Océan. Monaco*, 263, pp. 1-5.
- SEILERN-ASPANG, F., 1960. — I. Experimentelle Beiträge zur Frage der Zusammenhänge: Regenerationsfähigkeit-Geschwulstbildung. II. Syncytiale und differenzierte Tumoren bei Tricladen. *Arch. Entw. Mech. Organ.*, 152, 4, pp. 491-523.
- SIVICKIS, P.K., 1960. — Problèmes de la régénération dans le monde animal. Recueil « Problèmes de cytologie, histologie, embryologie ». Riga, pp. 269-274 (en russe).
- STEINBOCK, O., 1966. — Regeneration acöler Turbellarien. *Zool. Anz.*, 18, suppl. pp. 86-89.
- STEINBOCK, O., 1963. — Regenerations- und Konplantationsversuche an *Amphiscolops* sp. (Turbellaria Acoela). *Arch. Entw. Mech. Organ.*, 154, 4, pp. 308-353.
- STEPHAN, F., 1962. — Tumeurs spontanées chez la Planaire *Dugesia tigrina*. *C.R. Soc. Biol.*, 156, 5, pp. 920-922.
- STEVENS, N.M. et BORING, A.M., 1905. — Regeneration in *Polychoerus caudatus*. *J. exp. Zool.*, 2, 3, pp. 335-346.
- TAR, E. et TÖRÖK, L.J., 1964. — Investigations on somatic twinformation, benignant and malignant tumours in the species *Dugesia tigrina*. *Acta biol. Hung.*, 15, suppl. 6, p. 34.
- TOKINE, B.P., 1959. — La régénération et l'embryogenèse somatique. *Ed. Univ. Lénin-grad* (en russe).
- TSVETKOVA, I.N., 1964. — Sur le pouvoir de régénération des Planaires (*Polycelis nigra*) d'âges différents. *Mém. Ecole Sup. Série Biologie*, 1, pp. 18-20 (en russe).